

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛНОЙ МОЩНОСТИ, ПОЛЕЗНОЙ МОЩНОСТИ И К.П.Д. ИСТОЧНИКА ТОКА ОТ НАГРУЗКИ.

Цель работы: Научиться определять зависимость полной мощности, полезной мощности и К.П.Д. источника тока от нагрузки и определить оптимальные условия эксплуатации источников.

Приборы и принадлежности: Источник тока (E), амперметр (A), вольтметр (V), резисторы (R), переключатели (S1, S2).

Краткая теория.

Если в проводнике создать электрическое поле и не принять мер для его поддержания, то перемещение носителей тока приведет очень быстро к тому, что поле внутри проводника исчезнет и ток прекратится. Для того чтобы поддерживать ток достаточно длительное время, нужно от конца проводника с меньшим потенциалом (носители тока предполагаются положительными) непрерывно отводить приносимые сюда током заряды, а концу с большим потенциалом непрерывно их подводить (рис.). Иными словами, необходимо осуществить круговорот зарядов, при котором они двигались бы по замкнутому пути. Это согласуется с тем, что линии постоянного тока замкнуты.

Циркуляция вектора напряженности электростатического поля равна нулю. Поэтому в замкнутой цепи наряду с участками, на которых положительные носители движутся в сторону убывания потенциала φ , т. е. Против сил электростатического поля (см. изображенную пунктиром часть цепи на рис.). Перемещение носителей на этих участках возможно лишь с помощью сил неэлектростатического происхождения, называемых *сторонними силами*. Таким образом, для поддержания тока необходимы сторонние силы, действующие либо на всем протяжении цепи, либо на отдельных её участках. Эти силы могут быть обусловлены химическими процессами, диффузией носителей тока в неоднородной среде или через границу двух разнородных веществ, электрическими (но не электростатическими) полями, порождаемыми меняющимися во времени магнитными полями, и т. д.

Сторонние силы можно охарактеризовать работой, которую они совершают над перемещающимися по цепи зарядами. Величина, равная работе сторонних сил над единичным положительным зарядом, называется *электродвижущей силой* (э.д.с)

Электрическая цепь состоит, как правило, из источника тока, подводящих проводов и потребителя тока (нагрузки). Если сопротивление подводящих проводов пренебрежимо мало, то согласно закону Ома ток в цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R_H + r_i} \quad (1)$$

где ε - ЭДС источника тока, r_i – внутреннее сопротивление источника тока, R_H – сопротивление нагрузки.

Напряжение на нагрузке (совпадающее с напряжением на зажимах ЭДС) равно:

$$U = I \cdot R_H = \varepsilon \cdot \frac{R_H}{R_H + r_i} \quad (2)$$

и меньше величины ε .

При $R_H \rightarrow \infty$ (когда цепь разомкнута) U становится равным ε , т. е. напряжение на зажимах разомкнутого источника тока равно его электродвижущей силе (ЭДС).

Известно, что мощность, развиваемая источником тока, равна

$$P = U \cdot I = \varepsilon \cdot I \quad (3)$$

Подставив в (3) выражение для тока (1), получим для **полной мощности** $P_{\text{полн}}$, выделяющейся во всей цепи С

$$P_{\text{полн}} = \frac{\varepsilon^2}{R_H + r_i} \quad (4)$$

Полезной мощностью P_H называют ту часть этой мощности, которая выделяется на нагрузке R_H :

$$P_H = R_H \cdot I^2 = \frac{\varepsilon^2}{(R_H + r_i)^2} R_H = \frac{\varepsilon^2}{(R_H + r_i)} \cdot \frac{R_H}{(R_H + r_i)} \quad (5)$$

Остальная часть мощности расходуется в самом источнике тока и подводящих проводах и оказывается бесполезной.

Отношение полезной мощности к полной мощности, развиваемой ЭДС в цепи, определяет такую важную в практическом смысле величину как коэффициент полезного действия (КПД) источника тока:

$$\eta = \frac{P_H}{P_{\text{полн}}} = \frac{R_H}{R_H + r_i} \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что КПД источника тем выше, чем больше R_H по сравнению с внутренним сопротивлением r_i элемента. (Поэтому r_i источника тока стремятся делать как можно меньше).

Найдем соотношение между R_H и r_i , при котором полезная мощность, отбираемая от данного источника тока, будет наибольшей. Для этого

продифференцируем выражение (5) для полезной мощности P_H по величине R_H и приравняем производную нулю:

$$\frac{dP_H}{dR_H} = \varepsilon^2 \frac{r_i - R_H}{(r_i + R_H)^3} = 0 \quad (7)$$

Зависимости $P_{\text{полн}}$, P_H и η от отношения R_H / r_i приведены на рис. 1.

Из (7) находим, что P_H имеет максимальное значение при $R_H = r_i$ (другое решение $R_H = \infty$ соответствует минимуму P_H). Следовательно, чтобы отбирать от данной ЭДС **наибольшую полезную мощность**, нужно соблюдать условие:

$$R_H = r_i \quad (8)$$

В этом случае, согласно (6), КПД $\eta = 0.5$ (50%).

Зависимость $P_{\text{полн}}$, P_H и η от отношения R_H / r_i , изображена графически на рис. 1. Из графиков видно, что условия получения наибольшей полезной мощности P_H и наибольшего КПД η несовместимы. Когда P_H достигает наибольшего значения, сила тока равна $\varepsilon / 2r_i$, и КПД $\eta = 0.5$, или 50%. Когда же КПД η близок к единице, полезная мощность P_H мала по сравнению с максимальной мощностью $(P_H)_{\text{макс}}$, которую мог бы развить данный источник.

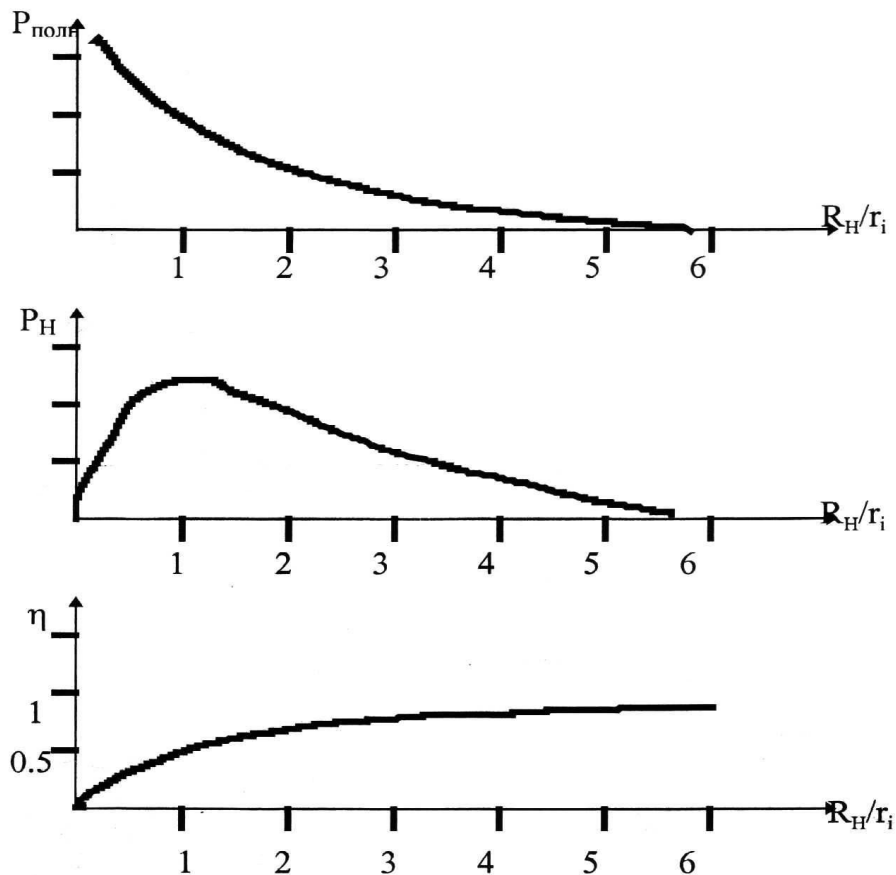


Рис. 1. Зависимость мощности источника $P_{\text{полн}}$, мощности нагрузки $P_{\text{н}}$ и КПД источника η от отношения $R_{\text{н}}/r_i$.

Экспериментальная часть.

1. Собрать рабочую схему (Рис.2).
2. При двух известных различных резисторах $R_1=100$ Ом и $R_2=200$ Ом определить показания амперметра (I_1 и I_2).
3. По закону Ома для полной цепи

$$\varepsilon = I \cdot R + I \cdot r$$

- где r – внутреннее сопротивление источника ЭДС; определить ЭДС ε и внутреннее сопротивление r . Величину ЭДС с достаточной степенью точности покажет вольтметр (V), подключенный к зажимам аккумулятора ε .
4. Замкнуть ключ S и при различных значениях сопротивлений R снять показания амперметра A и вольтметра V.
 5. Для каждого значения силы тока I, используя соответствующее значение напряжения V, вычислить:

$$P_{\text{н}} = R_{\text{н}} \cdot I^2, \quad P_{\text{полн}} = \varepsilon \cdot I, \quad \eta = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{полн}}}$$

6. Вычислить и построить на одних и тех же осях графики зависимости $P_{\text{н}} = f(I)$; $P_{\text{полн}} = f(I)$; $\eta = f(I)$. Для P и η масштабы должны быть различные.

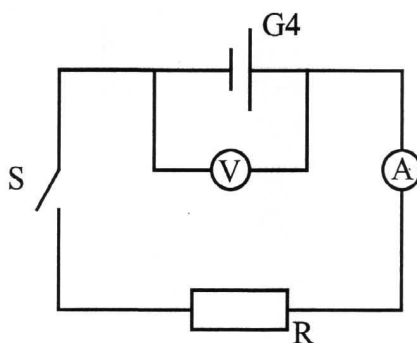


Рис. 2. Принципиальная схема определения полной мощности, полезной мощности и КПД η источника тока.

Вопросы.

1. Что такое электродвижущая сила? Единицы её измерения?
2. Что такое полная мощность?
3. Что называется полезной мощностью?
4. Что такое КПД источника тока и условия получения его максимального значения.

5.Порядок выполнения работы.

Литература.

1.С.Г.Калашников *"Электричество"*, М., Наука, 1970г.

2.И.В.Савельев *"Курс общей физики"*, Т2, М., Наука, 1970г.